

Propuesta de diseño de una microred en la comunidad de Santa Elena, Pérez Zeledón, basada en Whites Lane Smart Micro Grid

Proposal of a microgrid in the community of Santa Elena, Pérez Zeledón, based on Whites Lane Smart Micro Grid

Natalia Bonilla-Gómez¹

Bonilla-Gómez, N. Propuesta de diseño de una microred en la comunidad de Santa Elena, Pérez Zeledón, basada en Whites Lane Smart Micro Grid. *Tecnología en Marcha*. Número Especial Movilidad Estudiantil 4. Pág 55-62.

DOI: 10.18845/tm.v30i5.3224

¹ Estudiante de Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
Correo: n_bonilla@outlook.com

Palabras clave

Microred inteligente; paneles fotovoltaicos; radiación global; almacenamiento de energía; microinversor; medidor inteligente; batería; estación de carga de vehículos eléctricos.

Resumen

El siguiente artículo propone el diseño de una microred inteligente para la comunidad de Santa Elena, Pérez Zeledón, Costa Rica, con base en Whites Lanes Micro Grid. La propuesta consiste de diez clientes (familias campesinas), cuyas casas de habitación están dotadas con una capacidad fotovoltaica de 2 kW y un medidor inteligente para monitorear el consumo, de acuerdo a una promoción de conciencia sobre el uso racional y eficiente de la energía. La energía eléctrica generada por los paneles, luego de pasar por un *microinversor*, ingresará a un equipo llamado *transverter* que administra el flujo de energía entre diferentes posibles fuentes de generación, como son las baterías, los consumidores y la red eléctrica externa. Además, se instalará un sistema de almacenamiento de energía con baterías, para operar de manera autónoma en la noche y en momentos en que la demanda sea mayor que la producción fotovoltaica. También, se conectará a la microred una estación de carga de vehículos eléctricos abastecida por veinticuatro paneles solares, para promover el uso de este tipo de medio de transporte y de este tipo de infraestructuras en la comunidad y en el país.

Keywords

Smart *microgrid*; photovoltaic panels; global irradiation; energy storage; *microinverter*; smart meter; battery; electric vehicles; charging station.

Abstract

The following article proposes the design for a smart *microgrid* in the community of Santa Elena, Pérez Zeledón, Costa Rica, based on Whites Lane Micro Grid. The proposal consists of ten customers (rural families), whose homes have an installed photovoltaic capacity of 2 kW and smart meters to monitor consumption, a way to promote awareness about the rational and efficient use of energy. The electricity generated by the panels, after going through a micro inverter, will enter in the *transverter* that manages the flow of energy between different possible sources of generation, such as batteries, costumers and external power supply. In addition, an energy storage system with batteries will be installed to operate autonomously at night and at any time when the demand is greater than the photovoltaic production. Also, an electric vehicle charging station will be connected to the *microgrid*, supplied by twenty four solar panels, to promote the use of electric vehicles and this type of infrastructure in the community and in the country.

Introducción

Una microred es una red localizada que puede desconectarse de la red tradicional de distribución para operar autónomamente y ayudar así a mitigar perturbaciones y fortalecer la capacidad de recuperación. Por otro lado, una red inteligente es definida como un sistema de intercambio de información y equipos, que al ser implementado mejora la flexibilidad, confiabilidad, eficiencia y seguridad en la integridad del sistema de energía y distribución. (eCAMION Inc., 2015) Por lo tanto, una microred inteligente reúne varias tecnologías, como son almacenamiento de energía,

medidores inteligentes, energía renovable, controladores inteligentes, inversores¹ y vehículos eléctricos (O'Malley, 2015).

Whites Lane Smart Micro Grid es un proyecto conectado a la red, por medio del cual la energía renovable y la energía almacenada se usan para abastecer las casas y negocios de la zona. Este proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Woodstock, en Ontario Canadá. Mediante este sistema se logran tres objetivos claves: control del consumo de los clientes, flexibilidad del sistema de energía e infraestructura adaptativa; todos ellos para conformar una red integrada. La microred también colecta información climática, para poder asistir en la gestión de la carga, así como predecir el consumo y la producción de energía renovable (O'Malley, 2015).

La Facultad de Estudios Ambientales de la Universidad de York cuenta entre sus proyectos con el conocido como Proyecto "Las Nubes", el cual apoya la protección de los valores biológicos y ecológicos del bosque lluvioso Las Nubes, ubicado en el sureste de Costa Rica. Mediante este proyecto se han alcanzado logros en investigación y en programas de conservación de la biodiversidad, sostenibilidad rural, educación ambiental en las escuelas locales, y en el uso de Sistemas de Información Geográfica y otras herramientas para la gestión ambiental; todo esto en la comunidad de Santa Elena, la cual es la comunidad que se encuentra en el corredor biológico (Las Nubes Project, 2015).

En este artículo se propone el diseño de una microred inteligente en la comunidad de Santa Elena, junto con la *Sustainable Energy Initiative* de la Facultad de Estudios Ambientales de la Universidad de York. Esta propuesta se basa en la ya existente microred inteligente de Woodstock, Ontario. Con este trabajo se pretende promover la implementación de microredes en las comunidades costarricenses, como una alternativa para alcanzar la carbono neutralidad en todo el país en el año 2021.

Análisis de la comunidad de Santa Elena

La comunidad de Santa Elena es parte de Pérez Zeledón, distrito del General Viejo, y es una comunidad rural. Como primera parte de la propuesta, se seleccionó a 10 clientes definidos como casas de habitación para conformar la microred de Santa Elena. En el cuadro 1 se pueden observar las coordenadas geográficas, la altura y el área estimada del techo de cada casa.

Por limitaciones de esta propuesta, no se pudo realizar un estudio en el sitio y, por lo tanto, se realizó un estimado del consumo de electricidad mensual de cada cliente. El consumo eléctrico de una casa rural en Costa Rica es de 2688,84 kWh por año, lo cual es equivalente a 224,07 kWh por mes (Ramírez, Carazo, & Alvarado, 2006). Para cada cliente, la capacidad del sistema de energía requerido para abastecer las necesidades eléctricas de la microred de Santa Elena será de 224 kWh por mes. Asumiendo que son un total de 4 horas diarias de sol en el pico de potencia (120 horas al mes), la potencia del sistema solar requerido es de 1,87 kW (224 kWh/120 h). Se utilizará entonces una planta fotovoltaica con una potencia de 2 kW por casa (por cliente).

Análisis del sitio

Con respecto a las condiciones climáticas de la comunidad de Santa Elena, el cuadro 2 muestra la información correspondiente (temperatura, lluvia, humedad relativa y velocidad del viento) al año 2014, procedente de la estación meteorológica más cercana (ICAFE Páramo, Pérez Zeledón, San José). Esta se encuentra ubicada a una distancia de 42,1 km de la comunidad y a una altura de 1195 msnm.

Cuadro 1. Detalle de los clientes.

Cliente	Descripción	Coordenadas geográficas		Área del techo (m ²)	Altitud (m)
		X (lat)	Y (long)		
1	Casa	9,353462°	-83,626065°	168,13	812
2	Casa	9,353676°	-83,625858°	171,93	813
3	Casa	9,354032°	-83,626176°	120,4	815
4	Casa	9,354645°	-83,625457°	107,15	819
5	Casa	9,354681°	-83,625888°	117,33	818
6	Casa	9,354986°	-83,625692°	82,90	822
7	Casa	9,355203°	-83,625603°	216,78	824
8	Casa	9,355525°	-83,625424°	176,46	827
9	Casa	9,355504°	-83,624957°	372,13	825
10	Casa	9,356000°	-83624969°	303,20	828

Fuente: (Google Earth, 2015)

Cuadro 2. Reportes climáticos Páramo, Pérez Zeledón, en el año 2014.

Mes	Temperatura promedio (°C)	Lluvia (mm)	Humedad relativa Promedio (%)	Velocidad del viento promedio (km/h)
Febrero	19,8	19,0	83,4	6,4
Marzo	20,3	42,4	83,9	6,4
Abril	20,5	273,6	87,4	5,5
Mayo	19,9	655,4	92,4	4,5
Julio	20,6	108,0	91,9	4,6
Agosto	19,5	356,0	92,7	4,5
Setiembre	19,4	611,4	93,1	4,5
Octubre	19,3	573,0	94,4	4,0
Noviembre	19,4	259,6	94,8	3,9
Diciembre	19,5	73,2	93,2	4,0
Anual	19,82	2952,6	90,72	4,83

Fuente: (Instituto del Café de Costa Rica, 2015).

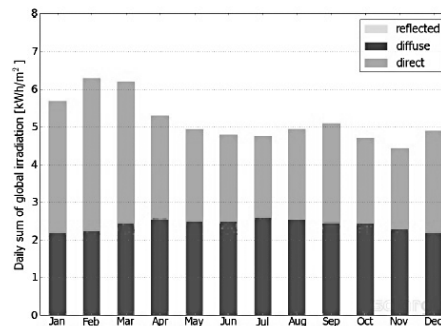
Para el análisis solar de los paneles fotovoltaicos, se tomó la distancia entre el cliente 1 y el cliente 10 es de 305,64 m, por lo que el análisis solar en el *software* PVPlanner, de SolarGis, se realizó en el punto medio de estos dos clientes (latitud 9,354803, longitud -83,625645).

Al realizar el análisis de rendimiento de la planta fotovoltaica de cada casa con un potencia instalada de 2 kW, con módulos de silicón cristalino y estructura de montaje fija instalados en el techo, y con un azimut de 182° (orientación sur), se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 1 y la figura 2. El ángulo de inclinación óptimo establecido por el *software* es de 10°, pero este ángulo puede variar dependiendo de la inclinación de los techos de cada casa.

6. Global in-plane irradiation

Fixed surface, azimuth 182° (south), inclination. 10°

Month	G_i_m	G_i_d	D_i_d	R_i_d	Sh_{loss}
Jan	176	5.69	2.19	0.01	0.1
Feb	176	6.29	2.23	0.01	0.1
Mar	192	6.20	2.45	0.01	0.2
Apr	159	5.30	2.56	0.01	0.1
May	153	4.94	2.51	0.01	0.2
Jun	144	4.80	2.47	0.01	0.2
Jul	147	4.76	2.59	0.01	0.2
Aug	153	4.95	2.54	0.01	0.1
Sep	153	5.09	2.46	0.01	0.2
Oct	146	4.70	2.43	0.00	0.2
Nov	133	4.43	2.27	0.00	0.2
Dec	152	4.89	2.19	0.00	0.1
Year	1884	5.16	2.41	0.01	0.2



Long-term monthly averages:

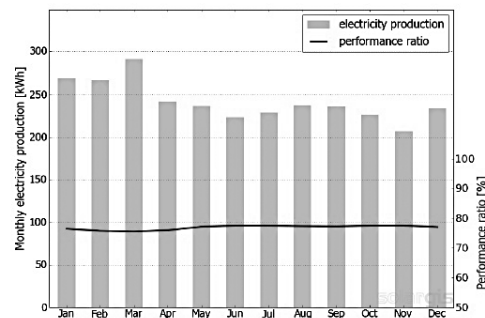
G_i_m	Monthly sum of global irradiation [kWh/m ²]
G_i_d	Daily sum of global irradiation [kWh/m ²]
D_i_d	Daily sum of diffuse irradiation [kWh/m ²]
R_i_d	Daily sum of reflected irradiation [kWh/m ²]

Sh_{loss} Losses of global irradiation by terrain shading [%]

Figura 1. Radiación global en el plano a una inclinación de 10°, orientación sur. Fuente: (GeoModel Solar, 2015).

7. PV electricity production in the start-up

Month	E_s_m	E_s_d	E_t_m	E_{share}	PR
Jan	135	4.35	270	9.3	76.4
Feb	133	4.76	267	9.2	75.7
Mar	145	4.69	291	10.0	75.5
Apr	121	4.02	241	8.3	75.9
May	118	3.81	236	8.2	77.1
Jun	112	3.73	224	7.7	77.5
Jul	115	3.69	229	7.9	77.5
Aug	119	3.83	237	8.2	77.3
Sep	118	3.93	236	8.1	77.2
Oct	113	3.65	226	7.8	77.5
Nov	103	3.44	207	7.1	77.5
Dec	117	3.77	234	8.1	77.0
Year	1449	3.97	2898	100.0	76.8



Long-term monthly averages:

E_s_m	Monthly sum of specific electricity prod. [kWh/kWp]
E_s_d	Daily sum of specific electricity prod. [kWh/kWp]
E_t_m	Monthly sum of total electricity prod. [kWh]

E_{share} Percentual share of monthly electricity prod. [%]
PR Performance ratio [%]

Figura 2. Producción eléctrica por los paneles fotovoltaicos en el primer año. Fuente: (GeoModel Solar, 2015).

La radiación global por año en el plano del panel fotovoltaico es de 1884 kWh/ m². Noviembre es el mes con menor radiación global (133 kWh/m²) y marzo, el de mayor radiación (192 kWh/ m²). También en la figura 1 se muestra el gráfico de composición de la radiación global, donde la radiación directa es alrededor de todo el año un poco más de la mitad, mientras que la difusa un poco menos de la mitad. La radiación reflejada es prácticamente despreciable.

La figura 2 muestra la producción eléctrica fotovoltaica en esta área. La producción anual es de 2898 kWh y el consumo anual estimado por cliente es de 2688,84 kWh, por lo que existe una cantidad de electricidad (209,16 kWh) generada de más, que eventualmente sería almacenada o entregada a la red. El rendimiento diario promedio es de 3,97 h.

Diseño de la microrred en la comunidad de Santa Elena

En la figura 3 se puede observar el diagrama conceptual de los componentes de la microrred de Santa Elena y su respectiva distribución en el sistema para el correcto funcionamiento de la microrred.

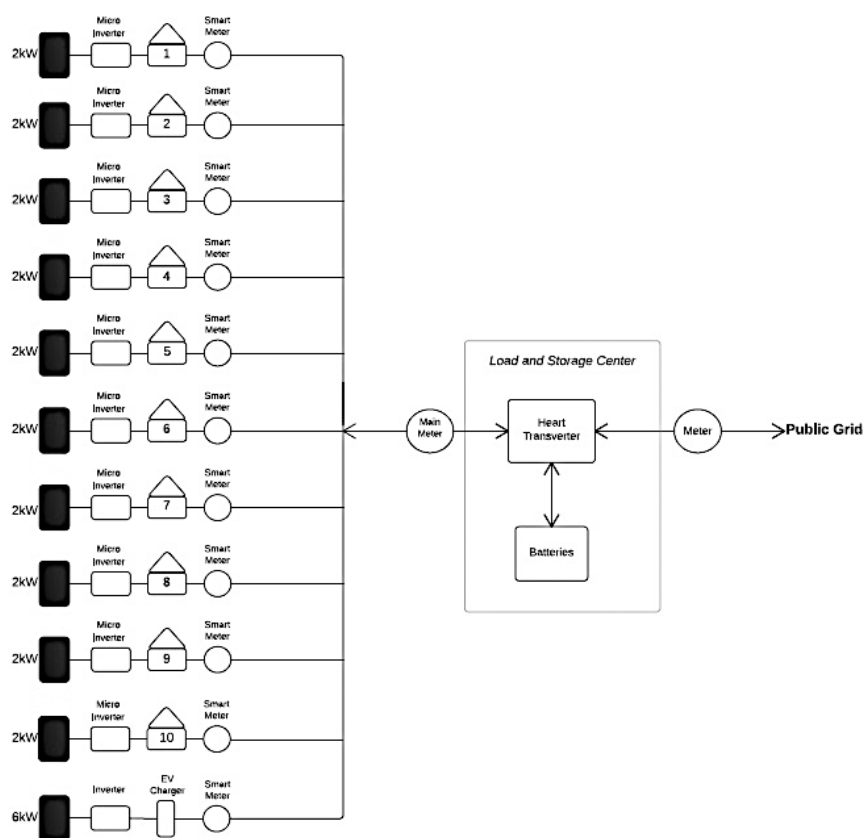


Figura 3. Diagrama conceptual de la microrred de Santa Elena. Fuente: Elaboración propia, con Lucid Chart.

Como se mencionó anteriormente la potencia del sistema fotovoltaico es de 2 kW por cliente. Al usar paneles de 250 W, se requerirían 8 módulos por cliente para un total de 80 módulos para toda la microrred. Las dimensiones aproximadas de un panel solar de 60 celdas son de 1650 mm x 990 mm x 38 mm; asumiendo un área aproximada de 2 m² por panel, se requeriría de 16 m² para todo el sistema fotovoltaico. Como se mostró en el cuadro 1, el área del techo de todas las casas es mayor a 16 m².

Con respecto al almacenamiento de energía en la comunidad, para un estimado de consumo diario de 73,66 kWh, y 1 día de autonomía, el requerido es de 108.33 kWh. Se considera que las dimensiones del sistema de baterías deben ser 3019 mm de largo, 2408 mm de ancho y 1686 mm de altura.

A continuación se detallan los equipos requeridos para la microrred:

- Paneles solares: los paneles serán policristalinos, ya que estos tienen la misma eficiencia que los monocristalinos y son mucho más económicos; la única desventaja de esta tecnología es el espacio requerido. Los paneles propuestos son de la empresa Silfab Ontario Inc., modelo SLA250P (Silfab Ontario Inc.).
- Microinversores: cada uno de los 8 paneles solares va a estar conectado directamente a un microinversor. Un microinversor es compatible con módulos fotovoltaicos de 60 celdas, y optimiza la potencia, maximizando la producción de energía y reduciendo el impacto de la sombra, el polvo y el escombros. El modelo seleccionado es M250 de Enphase (Enphase Energy, 2016).
- Medidores inteligentes: el medidor inteligente propuesto es el mismo de *Whites Lane Smart Micro Grid*, el Eyedro Home Electricity Monitor. Con este medidor los clientes pueden ver en tiempo real el consumo de la electricidad en sus casas, pues está provisto de una interfaz en la cual se puede monitorear y localizar dicho consumo. El modelo propuesto es EHWEM1, y puede ser monitoreado vía MyEyedro.com (Eyedro Green Solutions Inc., 2014).
- *Hearttransverter*: consiste en una interface universal que puede transferir bidireccionalmente la energía entre cualquiera de sus cuatro conexiones. Cada módulo tiene dos conexiones DC y dos conexiones AC (Heart Transverter S.A).
- Baterías: para mayor eficiencia y menor impacto ambiental, se recomiendan baterías de iones de litio de 48V.
- Estación de carga: la estación se basará en un diseño hecho por *Renewable Energy Mobility Project* de *Sustainable Energy Initiative*. El diseño consiste en 24 módulos monocristalinos de 250 W, de la empresa Silfab Ontario Inc. (modelo SLA250M3A), y dos cargadores de la empresa Sun Country Highway (modelo SCH-100). Los módulos estarían conectados a modo de 4 strings paralelos de 6 paneles en serie, asegurando un voltaje en el sistema solar de 228,18 V con una corriente de 34,6 A. Se utilizaría un inversor single phase. La posible localización de la estación de carga sería a una latitud de 9,353968° y una longitud de -83,625865°.

Se requiere de un centro de carga y almacenamiento, donde todas las conexiones se van a realizar, y confluirá el equipo (baterías, *transverter* e inversor, entre otros). Basándose en las dimensiones de *Whites Lane Smart Micro Grid*, este tiene que ser de un área aproximada de 24 m² (6 m de largo y 4 m de ancho). La localización propuesta para este centro es 9,353963° de latitud y -83,625394° de longitud, a una altura de 813 msnm.

En el mapa de la figura 4 se ejemplifica el sistema de distribución de la microrred de Santa Elena, donde la carga será la correspondiente a las 10 casas más la estación de carga de vehículos eléctricos, y la generación de los 20 kW (2 kW por cliente) de paneles solares y 6 kW del parqueo solar.

Recomendaciones

Con base en el análisis de rendimiento realizado por PVPlanner, el ángulo óptimo para los módulos en una orientación sur es de 10°, por lo que se recomienda esta medida para el mejor rendimiento. Sin embargo, el ángulo puede variar dependiendo de la inclinación y orientación de cada casa, por lo que se debe hacer un análisis de estas características, así como de las condiciones físicas del techo.



Figura 4. Mapa croquis del sistema de distribución. Fuente: (Google Earth, 2015).

Para esta propuesta no se realizó un estudio en el sitio, por lo que se recomienda realizar un análisis solar del sitio con el equipo Solmetric, Solar Path Finder o cualquier otro que sirva para determinar sombra en cada casa.

Para la obtención de resultados más exactos de la capacidad del sistema solar requerido por cada casa, se debe realizar un cálculo real del consumo por cliente con los recibos por servicio de electricidad de los últimos doce meses.

Se recomienda realizar un estudio a profundidad del funcionamiento del *heart transverter*, y establecer si se requiere algún otro equipo o *software* adicional para la adquisición de datos y el control de la red.

Referencias

- eCAMION Inc. (2015). Project Overview. 3. Ontario, Canadá.
- Enphase Energy. (2016). Enphase M250.
- Eyedro Green Solutions Inc. (2014). *Eyedro Home Electricity Monitors*. Recuperado de Eyedro: <http://eyedro.com/home-electricity-monitors/>
- GeoModel Solar. (2015). *Yield Assessment of the Photovoltaic Power Plant*. SolarGis, PVplanner.
- Google Earth (2015). Google Earth.
- Heart Transverter, S.A. (s.f.). Heart Transverter. Recuperado de www.transverter.com
- Instituto del Café de Costa Rica. (2015). *Reportes climáticos Pérez Zeledón- Páramo*. Recuperado de http://www.icafe.go.cr/icafe/clima/reportes_clima/PARAMO_PEREZZELEDON/reporte_perezzeledon_paramo.html
- Las Nubes Project. (2015). *About*. Recuperado de <http://www.lasnubes.org/about/location/>
- O'Malley, L. (2015). *Microgrids: Making way for customer control and renewable energy integration*. Recuperado de <http://www.marsdd.com/news-and-insights/microgrids-making-way-for-customer-control-and-renewable-energy-integration/>
- Ramírez, F.; Carazo, E. & Alvarado, F. (2006). *Encuesta de consumo energético nacional en el sector residencial de Costa Rica, año 2006*. Recuperado de <http://www.dse.go.cr/en/03Publicaciones/02Estadisticas/EncuestaResid-2006.pdf>
- Silfab Ontario Inc. (s.f.). *Silfab Solar PV Module Data Sheet*. Ontario, Canada.